

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 17 652.7

**Anmeldetag:** 17. April 2003

**Anmelder/Inhaber:** ROBERT BOSCH GMBH, 70469 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Steuerung einer  
Nockenwellenverstelleinrichtung

**IPC:** F 01 L, F 02 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 2. April 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Stremme

5 28.03.2003 AKR/NEG  
Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

10 Verfahren zur Steuerung einer  
Nockenwellenverstelleinrichtung

15 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung einer  
Nockenwellenverstelleinrichtung, insbesondere einer  
Nockenwellenverstelleinrichtung zur stufenlosen Veränderung  
von Ventilsteuerzeiten in einer Brennkraftmaschine, die  
eine Kurbelwelle und mindestens eine Nockenwelle aufweist,  
20 wobei eine Phasenlage der Nockenwelle mittels der  
Nockenwellenverstelleinrichtung bezüglich der Kurbelwelle  
verändert wird.

25 Die Erfindung betrifft auch ein Computerprogramm, das auf  
einem Rechenggerät, bzw. einem Steuergerät, insbesondere auf  
einem Mikroprozessor, ablauffähig ist.

Die Erfindung betrifft ferner ein Steuergerät, insbesondere  
ein Steuergerät in einem Kraftfahrzeug, das über Mittel zur  
30 Steuerung einer Nockenwellenverstelleinrichtung,  
insbesondere einer stufenlosen  
Nockenwellenverstelleinrichtung, verfügt.

Stand der Technik

Aus der DE 199 29 393 A1 ist ein Verfahren zur Ansteuerung einer Vorrichtung zum Variieren der Ventilsteuerzeiten einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer Nockenwellenverstelleinrichtung mit hydraulisch entriegelbarer Startverriegelung, bekannt. Dabei ist die Nockenwellenverstelleinrichtung als hydraulische Verstelleinrichtung ausgebildet, die ein drehfest mit der Nockenwelle verbundenes erstes Bauteil und ein mit der Kurbelwelle in Antriebsverbindung stehendes zweites Bauteil aufweist. Bei einem sogenannten Flügelradversteller steht dabei das kurbelwellenfeste Bauteil mit dem nockenwellenfesten Bauteil über mindestens einen innerhalb der Vorrichtung gebildeten hydraulischen Arbeitsraum in einer Kraftübertragungsverbindung. Der mindestens eine hydraulische Arbeitsraum wird durch ein Verstellelement innerhalb der Vorrichtung in eine sogenannte A-Druckkammer und eine sogenannte B-Druckkammer unterteilt. Jede dieser Druckkammern ist mittels einer Hydraulikleitung mit einem steuer- und/oder regelbaren Hydraulikventil verbunden. Das Hydraulikventil wiederum ist über eine Datenleitung mit einem Steuergerät verbunden. Als Hydraulikflüssigkeit wird beispielsweise Motoröl verwendet, das während des Betriebs der Brennkraftmaschine mittels einer Ölpumpe derart unter Druck gesetzt wird, dass die Druckkammern in Abhängigkeit der Hydraulikventile mit dem Öldruck beaufschlagbar sind.

Um den für ein Beaufschlagen der Druckkammern notwendigen Öldruck zu erhalten, muss die Brennkraftmaschine jedoch mindestens in einer Leerlaufdrehzahl betrieben werden. Insbesondere bei einem Start einer Brennkraftmaschine kann damit noch keine Nockenwellenverstellung aufgrund des zu geringen Öldrucks durchgeführt werden. Damit die Nockenwelle während des Starts der Brennkraftmaschine keine, durch mechanische Reibung bedingte, undefinierte Position einnimmt, wird die Nockenwellenverstelleinrichtung

deshalb in einer Verriegelungsposition beispielsweise mittels eines Haltestifts mechanisch verriegelt. Dabei rastet der Haltestift in einer entsprechenden Bohrung ein, sobald der Öldruck einen bestimmten Wert unterschreitet, 5 beispielsweise während des Abstellens der Brennkraftmaschine.

Bei Überschreiten eines Mindestöldrucks wird der Haltestift dann wieder aus der Bohrung gelöst. Um dabei ein Verkanten 10 des Haltestiftes zu vermeiden, sind verschiedene Entriegelungsverfahren, wie beispielsweise in der DE 199 29 393 A1 beschrieben, bekannt. Dort wird das Hydraulikventil mit mehreren hochfrequent getakteten Intervallen während einer definierten Zeitdauer oder mit einer vorgebbaren 15 Intervallanzahl derart angesteuert, dass eine schnelle wechselseitige Druckbeaufschlagung der A- und B-Druckkammern erfolgt und somit ein Verkanten des Haltestiftes vermieden wird.

20 Im Leerlaufbetrieb wird die Nockenwellenverstelleinrichtung in einer Referenzposition betrieben. Insbesondere bei einer zweistufigen Nockenwellenverstelleinrichtung entspricht die Referenzposition der Verriegelungsposition. Bei stufenlos verstellbaren Nockenwellenverstelleinrichtungen kann diese 25 Referenzposition jedoch von der Verriegelungsposition abweichen. Nach einem Kaltstart einer Brennkraftmaschine wird die Brennkraftmaschine häufig mit einer erhöhten Leerlaufdrehzahl betrieben. Es wird deshalb die Verriegelungsposition derart bestimmt, dass eine optimale 30 Nockenwellenstellung für den Start der Brennkraftmaschine vorhanden ist.

Dabei kann es jedoch vorkommen, dass eine Nockenwellenverstelleinrichtung während des Betriebs 35 versehentlich wieder verriegelt wird, beispielsweise weil

eine aktuell geforderte Nockenwellenverstellung der Verriegelungsposition entspricht und der Haltestift sich durch einen nicht stabilen Öldruck in dieser Position in die für die Verriegelung vorgesehene Bohrung bewegt.

- 5 Weitere Probleme können auftreten, wenn die Nockenwellenverstelleinrichtung am Ende des vorausgegangenen Fahrzyklus nicht verriegelt wurde oder sie sich zu früh bei einem Start aus der Verriegelungsposition löst.

10

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Möglichkeit bereitzustellen, um eine stufenlos verstellbare Nockenwellenverstelleinrichtung besonders zuverlässig und sicher betreiben zu können.

15

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass eine Adaption der Nockenwelle und der Kurbelwelle derart durchgeführt wird, dass eine Phasenlage (Ist-Wert) der Nockenwelle zu der Kurbelwelle bestimmt wird, während eines Betriebes der Brennkraftmaschine die Phasenlage überwacht wird und die Nockenwellenverstelleinrichtung in Abhängigkeit eines variablen Soll-Wertes derart geregelt und/oder gesteuert wird, dass die Phasenlage dem Soll-Wert entspricht.

20

## 25 Vorteile der Erfindung

Bei der Überwachung der Phasenlage der Nockenwellenverstelleinrichtung in Form des Ist-Wertes wird der Soll-Wert beispielsweise in Abhängigkeit einer aktuellen Drehzahl der Brennkraftmaschine anhand von Kennlinien ermittelt. Die Nockenwellenverstelleinrichtung wird dann derart eingeregelt, dass der Ist-Wert dem Soll-Wert entspricht. Mit diesem Verfahren wird ein besonders sicherer Betrieb der Nockenwellenverstelleinrichtung ermöglicht. Außerdem kann mit diesem Verfahren besonders

30

35

sicher ein Fehlerverhalten der Nockenwellenverstelleinrichtung erkannt werden, beispielsweise dadurch, dass sich der überwachte Ist-Wert verändert, ohne dass diese Veränderung durch den Soll-Wert vorgegeben wurde.

5 In einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens, wobei die Nockenwellenverstelleinrichtung eine Verriegelungsposition aufweist, wird die

10 Nockenwellenverstelleinrichtung nach dem Start der Brennkraftmaschine in der Verriegelungsposition betrieben, bis eine Freigabe dadurch erfolgt, dass eine

15 Motortemperatur einen vorgebbaren Temperaturbereich verlässt, eine Verstellanforderung der Phasenlage vorliegt, eine vorgebbare Zeitdauer überschritten wird und/oder eine selbständige Entriegelung mindestens einer Nockenwelle

20 erkannt wird. Durch eine Definition dieser Freigabebedingungen wird erreicht, dass die Nockenwellenverstelleinrichtung nicht lediglich in

25 Abhängigkeit des Öldrucks entriegelt wird. Stattdessen wird bei Eintreten einer Freigabebedingung ein komplexer Steuer- und/oder Regelmechanismus gestartet, der es ermöglicht, aus einer definierten Freigabebedingung heraus die

30 Nockenwellenverstelleinrichtung zu steuern und/oder zu regeln. Damit ist eine besonders präzise Steuerung der Nockenwellenverstelleinrichtung und somit ein besonders effizienter Betrieb der Brennkraftmaschine möglich.

In einer bevorzugten Ausführungsform, in der die

30 Nockenwellenverstelleinrichtung eine vorgebbare Referenzposition aufweist, wird bei nicht Vorliegen einer Freigabeanforderung und nicht erfolgter Adaption die Nockenwellenverstelleinrichtung derart angesteuert, dass die Nockenwellenverstelleinrichtung die vorgebbare

35 Referenzposition einnimmt. Dabei ist die Referenzposition

zweckmäßigerweise so gewählt, dass ein sicherer Betrieb insbesondere im Leerlauf der Brennkraftmaschine gewährleistet ist. Liegt beispielsweise noch keine Information über die Phasenlage vor, weil eine Adaption noch nicht durchgeführt werden konnte, so wird die Nockenwellenverstellereinrichtung derart angesteuert, dass sie die Referenzposition einnimmt. Das ist insbesondere dann von Vorteil, wenn sich die Nockenwellenverstellereinrichtung während des Starts fälschlicherweise nicht in der Verriegelungsposition befindet.

In einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens wird eine Möglichkeit eines selbständigen Verriegelns der Nockenwellenverstellereinrichtung erkannt, wenn eine ermittelte Phasenlage sich in einem vorgebbaren, die Verriegelungsposition umgebenden Verriegelungsbereich befindet, während ein Soll-Wert außerhalb des Verriegelungsbereiches liegt. Während des Betriebs einer Brennkraftmaschine kann es vorkommen, dass sich die Nockenwellenverstellereinrichtung selbständig verriegelt. Dieses selbständige Verriegeln kann mit dieser Ausführungsform erkannt bzw. verhindert werden. Befindet sich der Ist-Wert der Phasenlage in dem Bereich der Verriegelungsposition, während der Soll-Wert der Phasenlage außerhalb dieses Bereiches liegt, so besteht die Möglichkeit einer selbständigen Verriegelung der Nockenwellenverstellereinrichtung. Ist die Nockenwellenverstellereinrichtung noch nicht verriegelt, so kann durch gezielte Steuerung ein selbständiges Verriegeln verhindert werden.

Vorteilhafterweise wird bei Erkennen einer Möglichkeit des selbständigen Verriegelns der

Nockenwellenverstellereinrichtung während einer vorgebbaren

Zeitspanne geprüft, ob sich der Ist-Wert der Phasenlage der Nockenwellenverstelleinrichtung wieder aus dem Verriegelungsbereich entfernt. Falls sich während dieser Zeitspanne der Ist-Wert der Phasenlage nicht aus dem

5 Verriegelungsbereich entfernt, wird eine selbständige Verriegelung erkannt. Das Erkennen einer selbständigen Verriegelung ist für den sicheren Betrieb einer Nockenwellenverstelleinrichtung besonders wichtig, da mit einer verriegelten Nockenwellenverstelleinrichtung kein  
10 optimaler Betrieb der Brennkraftmaschine möglich ist.

Insbesondere wirkt sich der Betrieb der Brennkraftmaschine mit fälschlicherweise selbständig verriegelter Nockenwellenverstelleinrichtung negativ auf die Leistung und das Abgasverhalten der Brennkraftmaschine aus.

15 Vorteilhafterweise wird bei Erkennen einer selbständigen Verriegelung der Entriegelungsvorgang eingeleitet. Um einen effizienten Betrieb der Brennkraftmaschine zu gewährleisten, ist es wichtig, eine selbständig verriegelte  
20 Nockenwellenverstelleinrichtung wieder zu entriegeln. Dabei kann beispielsweise dieselbe Steuer- und/oder Regelstrategie verwendet werden, wie beim Entriegeln während des Starts der Brennkraftmaschine.

25 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform findet eine Überprüfung statt, ob der Entriegelvorgang erfolgreich durchgeführt wurde. Bei nicht erfolgreich durchgeführtem Entriegelvorgang wird der Entriegelvorgang wiederholt. Damit wird beispielsweise erst dann eine Fehlermeldung  
30 mittels eines entsprechenden Steuergeräts ausgegeben, wenn eine Entriegelung tatsächlich nicht mehr möglich ist. Somit wird verhindert, dass eine Nockenwellenverstelleinrichtung als defekt erkannt wird, obwohl beispielsweise lediglich ein für die Verriegelung eingesetzter Haltestift zeitweilig  
35 verklemmt war.



Von besonderer Bedeutung ist die Realisierung dieser Erfindung in Form eines Computerprogramms. Dabei ist das Computerprogramm auf einem Recheng Gerät bzw. einem Steuergerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauffähig und zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet. In diesem Fall wird also die Erfindung durch das Computerprogramm realisiert, so dass dieses Computerprogramm in gleicher Weise die Erfindung darstellt, wie das Verfahren, zu dessen Ausführung das Computerprogramm geeignet ist. Das Computerprogramm ist vorzugsweise auf einem Speicherelement abgespeichert. Als Speicherelement kann insbesondere ein Random-Access-Memory, ein Read-Only-Memory oder ein Flash-Memory zur Anwendung kommen.

Die Aufgabe wird auch durch ein Steuergerät der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass das Steuergerät Mittel aufweist, um während eines Betriebs der Brennkraftmaschine einen Ist-Wert der Phasenlage zu überwachen und die Nockenwellenverstelleinrichtung in Abhängigkeit eines variablen Soll-Wertes derart zu regeln und/oder zu steuern, dass der Ist-Wert dem Soll-Wert angeglichen wird.

Zeichnungen

Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw.

Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung der Komponenten zur  
5 Steuerung einer Nockenwellenverstelleinrichtung;

Figur 2 ein vereinfachtes Ablaufdiagramm zur Steuerung einer Nockenwellenverstelleinrichtung; und

10 Figur 3 ein durch das erfindungsgemäße Verfahren realisierter Zustandsautomat.

In Figur 1 sind Komponenten dargestellt, wie sie zur Steuerung einer Nockenwellenverstelleinrichtung 10  
15 verwendet werden. Die Nockenwellenverstelleinrichtung 10 ist an einer Nockenwelle 12 angeordnet. Über zwei Druckmittelleitungen 16, 17 ist die Nockenwellenverstelleinrichtung 10 mit einem Hydraulikventil 14 verbunden. Über eine Druckmittelleitung  
20 18 ist das Hydraulikventil 14 mit einer Druckmittelpumpe 20 verbunden. Die Druckmittelpumpe 20 ist über eine weitere Druckmittelleitung 15 mit einem Vorratsbehälter 22 verbunden. Die Druckmittelpumpe 20 kann beispielsweise die  
25 Ölpumpe der Brennkraftmaschine und der Vorratsbehälter 22 kann die Ölwanne der Brennkraftmaschine sein.

Über eine Datenleitung 25 ist das Hydraulikventil 14 mit einem Steuergerät 30 verbunden. Das Steuergerät 30 weist einen Mikroprozessor 32 und ein über ein Bussystem 33  
30 verbundenes Speicherelement 34 auf.

Ist die Nockenwellenverstelleinrichtung 10 beispielsweise als Flügelradversteller ausgebildet, so weist sie mindestens eine sogenannte A-Druckkammer und eine B-  
35 Druckkammer auf. Die A- und B-Druckkammern sind jeweils

mittels der Druckmittelleitungen 16 bzw. 17 mit dem Hydraulikventil 14 verbunden. In Abhängigkeit der in diesen Druckkammern herrschenden Drücke erfolgt eine radiale Verdrehung der Nockenwelle 12 relativ zu einer nicht dargestellten Kurbelwelle, was eine Veränderung der sogenannten Phasenlage bewirkt. Eine Veränderung der Phasenlage wiederum bewirkt eine Veränderung der sogenannten Steuerzeiten, das heißt der Zeitpunkte des Öffnens und/oder Schließens der mittels der Nockenwelle gesteuerten Einlass- und Auslassventile. Damit kann folglich der sogenannte Gaswechsel, das heißt das Einbringen des für eine Verbrennung bestimmten Gasgemisches in einen Zylinder und das Ausbringen der bei erfolgter Verbrennung erzeugten Verbrennungsgase aus dem Zylinder beeinflusst und damit der Betrieb der Brennkraftmaschine optimiert werden.

Um eine Phasenlage zu verändern, müssen die Drücke in den Druckkammern verändert werden. Dies erfolgt mittels des Hydraulikventils 14, das in geeigneter Weise durch das Steuergerät 30 angesteuert wird.

In Figur 2 ist ein vereinfachtes Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Steuerung der Nockenwellenverstellereinrichtung 10 dargestellt. Das Verfahren startet beispielsweise mit einem Start der Brennkraftmaschine in einem Schritt 100. Hier wird davon ausgegangen, dass die Nockenwellenverstellereinrichtung 10 in einem vorangegangenen Fahrzyklus bei dessen Beendigung verriegelt wurde.

In einem Schritt 101 wird zunächst geprüft, ob eine Adaption der Nockenwelle 12 zu der Kurbelwelle derart vorliegt, dass ein Ist-Wert einer Phasenlage der Nockenwelle 12 bezüglich der Kurbelwelle ermittelbar ist.

Dazu werden beispielsweise Drehwinkelsensoren, die die Drehwinkel der Kurbelwelle und der Nockenwelle 12 erfassen, in geeigneter Weise ausgewertet. Liegt keine Adaption vor, so wird in einem Schritt 102 eine Entriegelungsfunktion II durchgeführt, die den nicht-adaptierten Zustand berücksichtigt. In dieser Entriegelungsfunktion II wird zunächst geprüft, ob die Nockenwellenverstelleinrichtung 10 bereits entriegelt ist. Die Nockenwellenverstelleinrichtung 10 kann beispielsweise dann bereits entriegelt sein, wenn sie sich selbständig entriegelt hat, bei einem vorangehenden Abstellen der Brennkraftmaschine nicht verriegelt wurde oder die Entriegelungsfunktion II bereits durchlaufen wurde. Die Entriegelungsfunktion II sieht insbesondere eine Ansteuerung der Nockenwellenverstelleinrichtung 10 derart vor, dass die Nockenwellenverstelleinrichtung 10 eine sogenannte Referenzposition einnimmt und dort gehalten wird. Diese Referenzposition ist beispielsweise so gewählt, dass ein möglichst optimaler Betrieb der Brennkraftmaschine möglich ist. Dazu können die Freigabebedingungen berücksichtigt werden. Beispielsweise ist es denkbar, dass die Verriegelungsposition so gewählt ist, dass ein abgasoptimierter Start möglichst schnell erfolgen kann und ein Betrieb der Brennkraftmaschine zufriedenstellend erfolgen kann, während die Referenzposition so gewählt ist, dass ein möglichst optimaler Betrieb der Brennkraftmaschine im Leerlauf erfolgen kann. Zur Ansteuerung des Hydraulikventils 14 kann dabei das Steuergerät beispielsweise auf in dem Speicherelement 34 abgespeicherte Kennfelder zugreifen.

Daraufhin wird erneut in dem Schritt 101 geprüft, ob eine Adaption vorliegt. Die Schritte 101 und 102 werden solange wiederholt, bis eine Adaption vorliegt.

Liegt eine Adaption vor, dann wird zu einem Schritt 104 verzweigt und geprüft, ob eine Freigabebedingung der Nockenwellenverstelleinrichtung 10 vorliegt. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn eine Temperatur der Brennkraftmaschine außerhalb eines vorgebbaren Temperaturbereiches liegt, eine vorgebbare Zeitdauer überschritten ist, eine Anforderung einer Nockenwellenverstellung vorliegt oder eine Anforderung für eine Feinadaptation vorliegt.

10

Weist die Brennkraftmaschine mehr als nur eine mit einer Nockenwellenverstelleinrichtung 10 versehene Nockenwelle 12 auf, so kann beispielsweise auch dann eine Freigabe erfolgen, wenn eine der Nockenwellenverstelleinrichtungen 10 sich während des Starts der Brennkraftmaschine selbständig fälschlicherweise entriegelt hat. Bei einem selbständigen Entriegeln einer Nockenwellenverstelleinrichtung 10 nimmt diese Nockenwellenverstelleinrichtung 10 aufgrund mechanischer Reibungseffekte einen undefinierten Zustand ein, wodurch keine optimale Verbrennung mehr möglich ist und im schlimmsten Fall eine Beschädigung der Nockenwellenverstelleinrichtung 10 erfolgen kann. Dieser undefinierte Zustand bewirkt außerdem eine Abgasverschlechterung und macht sich beispielsweise durch fehlendes Drehmoment bis hin zu spürbarem „unrunden“ Lauf der Brennkraftmaschine bemerkbar. Tritt eine solche selbständige Entriegelung auf, so ist es deshalb zweckmäßig, die Nockenwellenverstelleinrichtung 10 durch Steuern und/oder Regeln in eine definierte Position zu bringen.

Liegt eine Freigabebedingung vor, so wird in einem Schritt 107 eine Entriegelungsfunktion I durchgeführt. Die Entriegelungsfunktion I unterscheidet sich von der

35

Entriegelungsfunktion II in erster Linie dadurch, dass die Entriegelungsfunktion II durchgeführt wird, wenn noch keine Adaption vorliegt, während bei der Entriegelungsfunktion I davon ausgegangen wird, dass ein adaptiertes System

5 vorliegt. Bei vorliegender Adaption kann durch das Steuergerät 30 stets ein aktueller Ist-Wert der Phasenlage ermittelt werden. Dieser Ist-Wert muss sich bei verriegelter Nockenwellenverstelleinrichtung 10 im Bereich der Verriegelungsposition befinden. Es ist denkbar, dass

10 dieses mittels einer Fehlererkennungsroutine abgeprüft wird. Kann aus dem ermittelten Ist-Wert der Phasenlage in dem Schritt 107 darauf geschlossen werden, dass die Nockenwellenverstelleinrichtung 10 verriegelt ist, so wird ein geeigneter Entriegelungsalgorithmus gestartet und

15 dadurch das Hydraulikventil 14 derartig angesteuert, dass ein Entriegeln der Nockenwellenverstelleinrichtung 10 möglich ist. Da die Nockenwellenverstelleinrichtung 10 typischerweise mechanisch mittels eines Haltestiftes verriegelt wird, muss besonders darauf geachtet werden,

20 dass beim Entriegeln kein Verkanten des Haltestiftes erfolgt. Dazu werden beispielsweise die Druckkammern der Nockenwellenverstelleinrichtung 10 alternierend mit Druck beaufschlagt.

25 In einem Schritt 109 wird geprüft, ob die Entriegelungsfunktion I erfolgreich durchgeführt werden konnte und die Nockenwellenverstelleinrichtung 10 entriegelt ist. Dies kann beispielsweise dadurch erkannt werden, dass sich der Ist-Wert aus dem Verriegelungsbereich

30 bewegt. Ist die Nockenwellenverstelleinrichtung 10 noch nicht entriegelt, so wird in einem Schritt 111 geprüft, ob die Entriegelungsfunktion I bereits eine vorgebbare Anzahl von Malen durchlaufen wurde und ob eine vorgebbare Zeitdauer überschritten ist. Ist dies nicht der Fall, wird

35 das Verfahren in dem Schritt 107 fortgesetzt und erneut ein

Entriegelungsversuch unternommen. Es ist denkbar, dass vor dem Durchführen eines erneuten Entriegelungsversuches mittels der Entriegelungsfunktion I eine vorgebbare Zeitspanne gewartet wird.

5

Wird in dem Schritt 111 jedoch erkannt, dass die Entriegelungsfunktion I die vorgebbare Anzahl von Malen durchlaufen wurde oder die vorgebbare Zeitdauer überschritten ist, so wird in einem Schritt 113 ein Fehler  
10 diagnostiziert und durch das Steuergerät 30 eine entsprechende Fehlerroutine abgearbeitet. Diese Fehlerroutine kann im einfachsten Fall vorsehen, dass eine Fehlermeldung ausgegeben wird.

15 Wird in dem Schritt 109 jedoch erkannt, dass die Nockenwellenverstelleinrichtung 10 entriegelt ist, so wird in einem Schritt 110 mit einem regulären Betrieb der Nockenwellenverstelleinrichtung 10 fortgefahren. Dabei erfolgt insbesondere eine Überwachung der Phasenlage  
20 dadurch, dass wiederholt der Ist-Wert ermittelt und mit einem vorgegebenen Soll-Wert verglichen wird. Weicht der Ist-Wert von dem Soll-Wert ab, so wird das Hydraulikventil 14 derart angesteuert, dass die  
25 Nockenwellenverstelleinrichtung 10 eine Veränderung der Phasenlage der Nockenwelle 12 bezüglich der Kurbelwelle dahingehend bewirkt, dass der Ist-Wert der Phasenlage dem vorgegebenen Soll-Wert entspricht.

Eine Abweichung des Ist-Wertes von dem Soll-Wert der  
30 Phasenlage wird vorzugsweise immer dann festgestellt, wenn der vorgebbare Soll-Wert absichtlich verändert wird, beispielsweise um auf eine Veränderung von bestimmten Betriebsbedingungen wie einer aktuellen Drehzahl oder einer Drehmomentanforderung seitens des Fahrers zu reagieren. Der  
35 Ist-Wert kann auch von dem Soll-Wert abweichen, wenn sich

während des Betriebes der Brennkraftmaschine der Druck der Hydraulikflüssigkeit und somit der Druck in den Druckkammern der Nockenwellenverstelleinrichtung 10 ändert. Insbesondere bei einer selbständig verriegelten

5 Nockenwellenverstelleinrichtung 10 kann der Ist-Wert von dem Soll-Wert der Phasenlage abweichen. Dann bleibt eine Ansteuerung des Hydraulikventils 14 insofern wirkungslos, als die Nockenwellenverstelleinrichtung aufgrund der mechanischen Verriegelung dem Soll-Wert nicht mehr folgen  
10 kann. Dieser Fall des selbständigen Verriegelns wird in einem Schritt 118 geprüft.

Ein selbständiges Verriegeln kann beispielsweise dadurch geschehen, dass die Nockenwellenverstelleinrichtung 10 in  
15 der Verriegelungsposition betrieben wird und der Haltestift durch einen Druckabfall der Hydraulikflüssigkeit, beispielsweise des Motoröls, in der für die Verriegelung vorgesehenen Bohrung einrastet. Eine fälschlicherweise verriegelte Nockenwellenverstelleinrichtung 10 kann dann,  
20 wie bereits beschrieben, durch einen Vergleich des Ist-Wertes mit dem Soll-Wert erkannt werden. Hat sich die Nockenwellenverstelleinrichtung 10 fälschlicherweise selbst verriegelt, so wird das Verfahren in dem Schritt 107  
fortgesetzt, wo ein Entriegeln der  
25 Nockenwellenverstelleinrichtung 10 eingeleitet wird.

Lag jedoch in dem Schritt 118 kein selbständiges Verriegeln der Nockenwellenverstelleinrichtung 10 vor, so wird in einem Schritt 120 geprüft, ob eine Abstellanforderung der  
30 Brennkraftmaschine vorliegt. Ist dies nicht der Fall, so fährt das Verfahren mit der Überwachung in dem Schritt 110 fort. Liegt in dem Schritt 120 eine Abstellanforderung vor, so wird in dem Schritt 122 die  
Nockenwellenverstelleinrichtung 10 mittels des  
35 Hydraulikventils 14 durch das Steuergerät 30 derart



angesteuert, dass eine Verriegelung der Nockenwellenverstelleinrichtung 10 erfolgt. In einem Schritt 124 endet das Verfahren mit dem Abstellen der Brennkraftmaschine.

5

Figur 3 zeigt eine schematische Darstellung eines durch das erfindungsgemäße Verfahren realisierten Zustandsautomaten. Dieser Zustandsautomat kann beispielsweise in Software realisiert werden und in dem Steuergerät 30 eingesetzt werden.

10

Bei einem Start der Brennkraftmaschine befindet sich der Zustandsautomat in einem Startzustand 0, in welchem davon ausgegangen wird, dass die Nockenwellenverstelleinrichtung 10 verriegelt ist. In dem Zustand 0 wird auf eine Freigabebedingung für die Entriegelung gewartet. Erfolgt eine Freigabebedingung durch eine Adaptionisanforderung der Nockenwelle 12 mit der Kurbelwelle, so wechselt der Zustandsautomat in den Zustand 4 und startet dort einen Entriegelungsversuch, beispielsweise mittels der Entriegelungsfunktion II. Liegt keine Adaptionisanforderung mehr an, so wechselt der Zustandsautomat zurück in den Zustand 0. Sind der Entriegelungsvorgang in dem Zustand 4 und der anschließende Adaptionsvorgang jedoch erfolgreich, so wechselt der Zustandsautomat in den Zustand 3 und überwacht das entriegelte System.

15

20

25

30

35

Liegt in dem Zustand 0 eine Freigabebedingung bei bereits erfolgter Adaption vor, so wechselt der Zustandsautomat in den Zustand 1 und startet einen Entriegelungsvorgang, beispielsweise unter Verwendung der Entriegelungsfunktion I bei Berücksichtigung vorliegender Ist-Werte und Soll-Werte der Phasenlage. Konnte die Nockenwellenverstelleinrichtung 10 in dem Zustand 1 nach einer vorgebbaren Anzahl von Versuchen nicht entriegelt werden, so wechselt der

Zustandsautomat in den Zustand 2. Dort wartet er eine vorgebbare Zeit, bis er wieder in den Zustand 1 wechselt und erneut einen Entriegelungsversuch startet. Ist in dem Zustand 2 jedoch eine maximale Wartezeit überschritten oder  
 5 sind bereits eine vorgebbare maximale Anzahl von Entriegelungsversuchen durchgeführt worden, so wechselt der Zustandsautomat in den Zustand 0.

War in dem Zustand 1 der Entriegelungsversuch erfolgreich,  
 10 so wechselt der Zustandsautomat in den Zustand 3 und überwacht das entriegelte System. Insbesondere wird in dem Zustand 3 überprüft, ob sich die entriegelte Nockenwellenverstellereinrichtung 10 fälschlicherweise wieder verriegelt. Wird eine solche fälschliche Verriegelung  
 15 erkannt, so wechselt der Zustandsautomat wieder in den Zustand 1.

Geht in einem der Zustände 1, 2 oder 3 die Adaption verloren, so wechselt der Zustandsautomat wieder in den  
 20 Zustand 0.

Selbstverständlich ist bei dem in Figur 3 dargestellten Zustandsautomaten eine Erweiterung um weitere Zustände und Zustandsübergänge denkbar. Beispielsweise könnte in einen  
 25 weiteren Zustand gewechselt werden, wenn eine Abstellanforderung vorliegt und die Nockenwellenverstellereinrichtung 10 verriegelt wird.

Ebenso ist es denkbar, bei dem in Figur 2 dargestellten  
 30 Ablaufdiagramm weitere Schritte hinzuzunehmen, vorhandene Schritte zu entfernen, oder Sprünge zwischen einzelnen Schritten hinzuzufügen oder zu verändern. Beispielsweise könnte im Falle einer nicht möglichen Adaption eine Diagnosefunktion gestartet werden oder es könnte während  
 35 der Überwachung ab dem Schritt 110 auch geprüft werden, wie

schnell die Nockenwellenverstelleinrichtung 10 eine durch einen vorgegebenen Soll-Wert vorgegebene Position einnimmt. Davon könnte beispielsweise ein Verschleiß des Druckmittels bzw. der Nockenwellenverstelleinrichtung 10 abgeleitet werden.

In dem in Figur 2 dargestellten Ablaufdiagramm ist es auch denkbar, dass bei der Überwachung in Schritt 110 geprüft wird, ob noch eine Adaption vorliegt. Eine Adaption kann beispielsweise dadurch verloren gehen, dass ein Drehwinkelsensor vorübergehend ausfällt. Werden die mittels eines Drehwinkelsensors erfassten Werte über ein Bussystem oder ein Netzwerk, etwa dem CAN (Controller Area Network), an das Steuergerät 30 übertragen, so kann auch ein Ausfall des Netzwerkes zu einem Verlust der Adaption führen.

Würde in dem Schritt 110 erkannt, dass keine Adaption mehr vorliegt, so ist es vorstellbar, dass die folgenden Schritte durchgeführt werden:

In einem in Figur 2 nicht dargestellten Schritt 201 wird versucht, eine neue Adaption der Nockenwelle 12 zur Kurbelwelle und damit eine Ermittlung der Phasenlage zu erhalten. Dabei wäre es vorteilhaft, wenn während dieser Adaptionsphase das Steuergerät 30 durch eine Ansteuerung des Hydraulikventils 14 veranlasst, dass die Nockenwellenverstelleinrichtung 10 in der Referenzposition betrieben wird. Kann die Adaption in dem Schritt 201 innerhalb einer vorgebbaren Zeitdauer nicht erfolgen, so wird dies in einem ebenfalls in Figur 2 nicht dargestellten Schritt 202 erkannt und es wird zu dem Schritt 113 verzweigt, in welchem eine entsprechende Fehlerbehandlung durchgeführt wird.

Ist die Adaption in dem Schritt 201 erfolgreich durchgeführt, so wird zu dem Schritt 118 verzweigt, in welchem das Verfahren wie oben bereits beschrieben dadurch fortgesetzt wird, dass geprüft wird, ob sich die

- 5 Nockenwellenverstelleinrichtung 10 fälschlicherweise selbständig verriegelt hat.

5 28.03.2003

Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

10 Ansprüche

1. Verfahren zur Steuerung einer Nockenwellenverstelleinrichtung (10) zur stufenlosen Veränderung von Ventilsteuerzeiten in einer Brennkraftmaschine, die eine Kurbelwelle und mindestens eine Nockenwelle (12) aufweist, wobei eine Phasenlage der Nockenwelle (12) mittels der Nockenwellenverstelleinrichtung (10) bezüglich der Kurbelwelle verändert wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Adaption der Nockenwelle (12) und der Kurbelwelle derart durchgeführt (102, 115) wird, dass die Phasenlage der Nockenwelle (12) bezüglich der Kurbelwelle bestimmt wird (Ist-Wert), während eines Betriebes der Brennkraftmaschine die Phasenlage (Ist-Wert) überwacht wird (110) und die Nockenwellenverstelleinrichtung (10) in Abhängigkeit eines variablen Soll-Wertes derart geregelt und/oder gesteuert wird, dass die Phasenlage (Ist-Wert) dem Soll-Wert entspricht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Nockenwellenverstelleinrichtung (10) eine Verriegelungsposition aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Nockenwellenverstelleinrichtung (10) nach dem Start der Brennkraftmaschine in der Verriegelungsposition betrieben wird, bis eine Freigabe dadurch erfolgt, dass

eine Motortemperatur einen vorgebbaren Temperaturbereich verlässt, eine Verstellanforderung der Phasenlage (Soll-Wert) vorliegt, eine vorgebbare Zeitdauer überschritten wird und/oder eine selbständige Entriegelung mindestens  
5 einer Nockenwelle (12) erkannt wird (104).

3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Nockenwellenverstelleinrichtung (10) eine vorgebbare Referenzposition aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass bei nicht Vorliegen einer  
10 Freigabeanforderung und nicht erfolgter Adaption die Nockenwellenverstelleinrichtung (10) derart angesteuert wird, dass die Nockenwellenverstelleinrichtung die vorgebbare Referenzposition einnimmt.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Möglichkeit eines  
15 selbständigen Verriegelns der Nockenwellenverstelleinrichtung (10) erkannt wird, wenn eine ermittelte Phasenlage sich in einem vorgebbaren, die Verriegelungsposition umgebenden Verriegelungsbereich  
20 befindet, während ein Soll-Wert außerhalb des Verriegelungsbereiches liegt.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei Erkennen einer Möglichkeit des selbständigen Verriegelns der  
25 Nockenwellenverstelleinrichtung (10) während einer vorgebbaren Zeitspanne geprüft wird (111), ob sich der Ist-Wert der Phasenlage der Nockenwellenverstelleinrichtung (10) wieder aus dem Verriegelungsbereich entfernt und falls sich während dieser Zeitspanne der Ist-Wert nicht aus dem  
30 Verriegelungsbereich entfernt, eine selbständige Verriegelung erkannt wird (118).

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei in Abhängigkeit einer Entriegelungsanforderung ein Entriegelvorgang (107, 108) zum Entriegeln der Nockenwellenverstellung (10) eingeleitet wird, dadurch gekennzeichnet, dass bei Erkennen einer selbständigen Verriegelung (118) der Entriegelungsvorgang (107, 108) eingeleitet wird.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Überprüfung (109) stattfindet, ob der Entriegelvorgang (107) erfolgreich durchgeführt wurde und bei nicht erfolgreich durchgeführtem Entriegelvorgang der Entriegelvorgang (107) wiederholt wird.
8. Computerprogramm, das auf einem Steuergerät (30), insbesondere auf einem Mikroprozessor (32) ablauffähig ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Computerprogramm zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 geeignet ist, wenn es auf dem Mikroprozessor (32) abläuft.
9. Computerprogramm nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Computerprogramm auf einem Speicherelement (34), insbesondere auf einem Random-Access-Memory (ROM), einem Read-Only-Memory (RAM) oder einem Flash-Speicher abgespeichert ist.
10. Steuergerät, insbesondere ein Steuergerät (30) zum Steuern und/oder Regeln einer verriegelbaren, stufenlosen Nockenwellenverstelleinrichtung (10) in einer Brennkraftmaschine, die eine Kurbelwelle und mindestens eine Nockenwelle (12) aufweist, wobei das Steuergerät (30) Mittel aufweist, um die Nockenwellenverstelleinrichtung (10) derart zu steuern und/oder zu regeln, dass eine Phasenlage der Nockenwelle (12) bezüglich der Kurbelwelle

veränderbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Steuergerät (30) Mittel aufweist, um eine Phasenlage der Nockenwelle (12) bezüglich der Kurbelwelle zu bestimmen, während des Betriebes der Brennkraftmaschine die Phasenlage zu überwachen und die Nockenwellenverstelleinrichtung (10) in Abhängigkeit eines variablen Soll-Wertes derart zu regeln und/oder zu steuern, dass der Ist-Wert dem Soll-Wert angeglichen wird.

11. Steuergerät (30) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät Mittel aufweist, um in Abhängigkeit mindestens einer Entriegelungsanforderung einen Entriegelvorgang zum Entriegeln der Nockenwellenverstellung (10) einzuleiten, das Steuergerät Mittel aufweist um zu prüfen, ob der Entriegelvorgang erfolgreich durchgeführt wurde, das Steuergerät (30) Mittel aufweist, um bei erkanntem, nicht erfolgreichem Entriegelvorgang den Entriegelvorgang zu wiederholen und dass auf dem Steuergerät (30) ein Computerprogramm nach einem der Ansprüche 9 oder 10 ausgeführt wird.



28.03.2003 AKR/NEG

Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

5

Verfahren zur Steuerung einer  
Nockenwellenverstelleinrichtung

10 Zusammenfassung

Im Leerlaufbetrieb wird die Nockenwellenverstelleinrichtung einer Brennkraftmaschine in einer Referenzposition betrieben. Insbesondere bei einer zweistufigen

15 Nockenwellenverstelleinrichtung entspricht die Referenzposition einer Verriegelungsposition. Bei stufenlos verstellbaren Nockenwellenverstelleinrichtungen kann diese Referenzposition jedoch von der Verriegelungsposition abweichen. Dabei kann es jedoch vorkommen, dass sich eine

20 Nockenwellenverstelleinrichtung während des Betriebs versehentlich wieder verriegelt, dass die Nockenwellenverstelleinrichtung am Ende des vorausgegangenen Fahrzyklus nicht verriegelt wurde oder sie sich zu früh bei einem Start aus der Verriegelungsposition

25 löst. Um eine Möglichkeit bereitzustellen, eine stufenlos verstellbare Nockenwellenverstelleinrichtung besonders zuverlässig und sicher betreiben zu können wird vorgeschlagen, dass eine Adaption der Nockenwelle und der Kurbelwelle derart durchgeführt wird, dass eine Phasenlage

30 (Ist-Wert) der Nockenwelle zu der Kurbelwelle bestimmt wird, während eines Betriebes der Brennkraftmaschine die Phasenlage überwacht wird und die Nockenwellenverstelleinrichtung in Abhängigkeit eines variablen Soll-Wertes derart geregelt und/oder gesteuert

35 wird, dass die Phasenlage dem Soll-Wert entspricht.

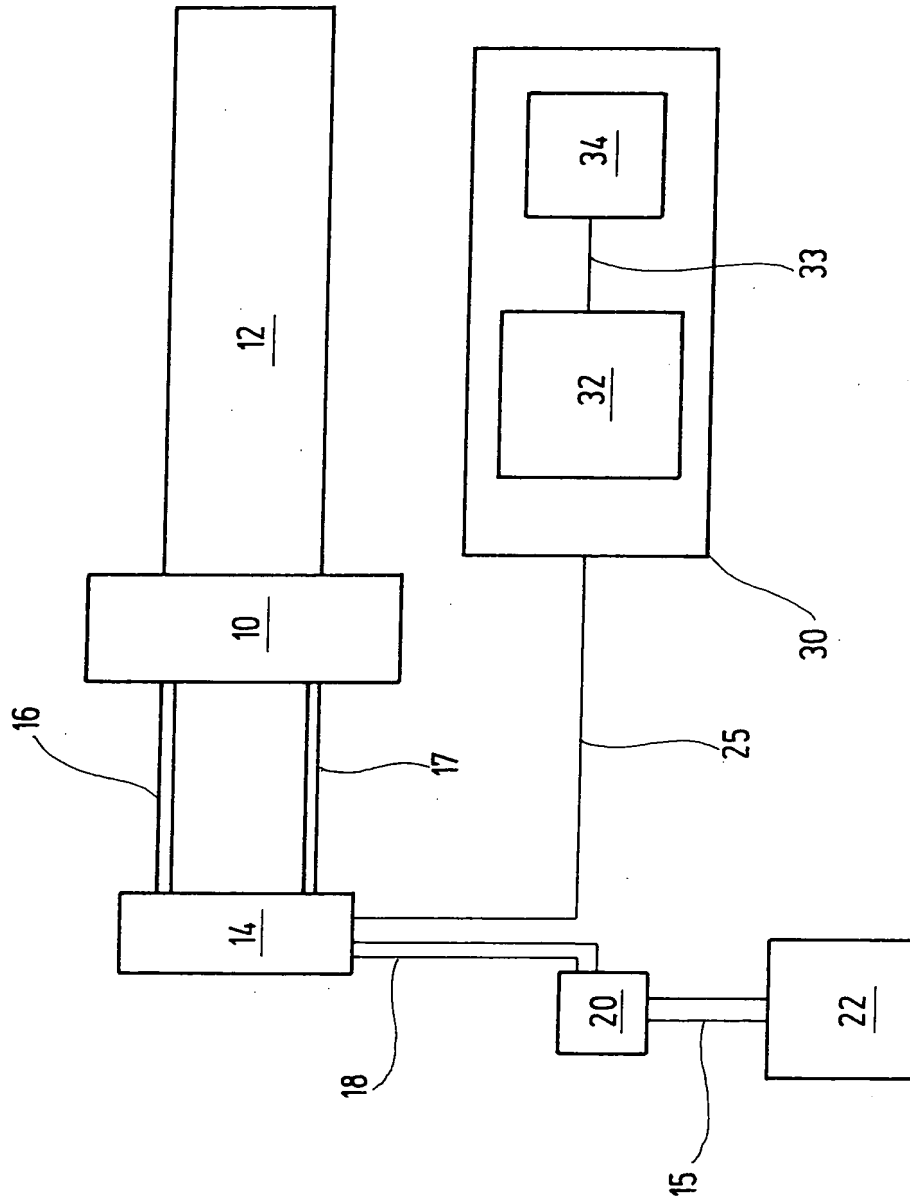


Fig.1

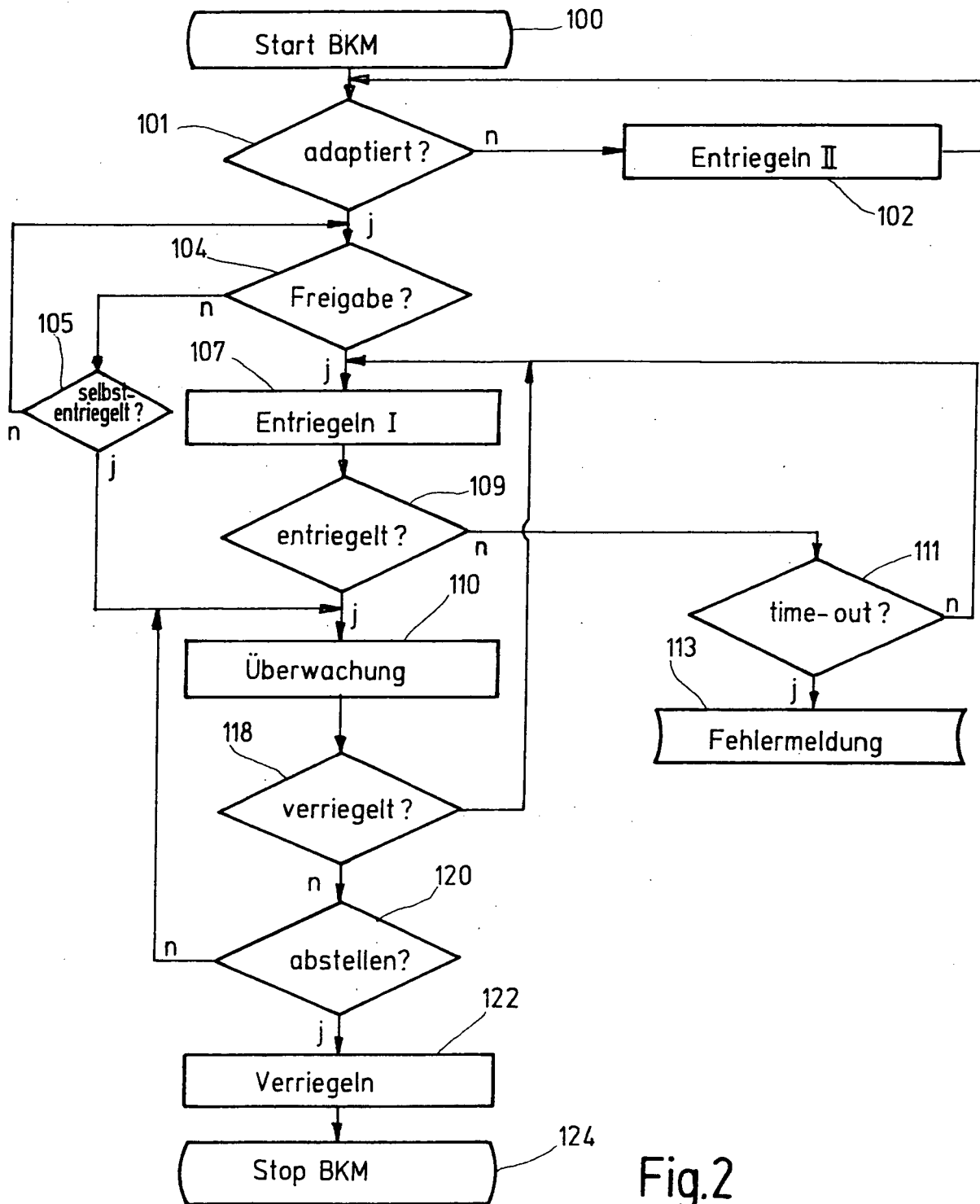


Fig.2

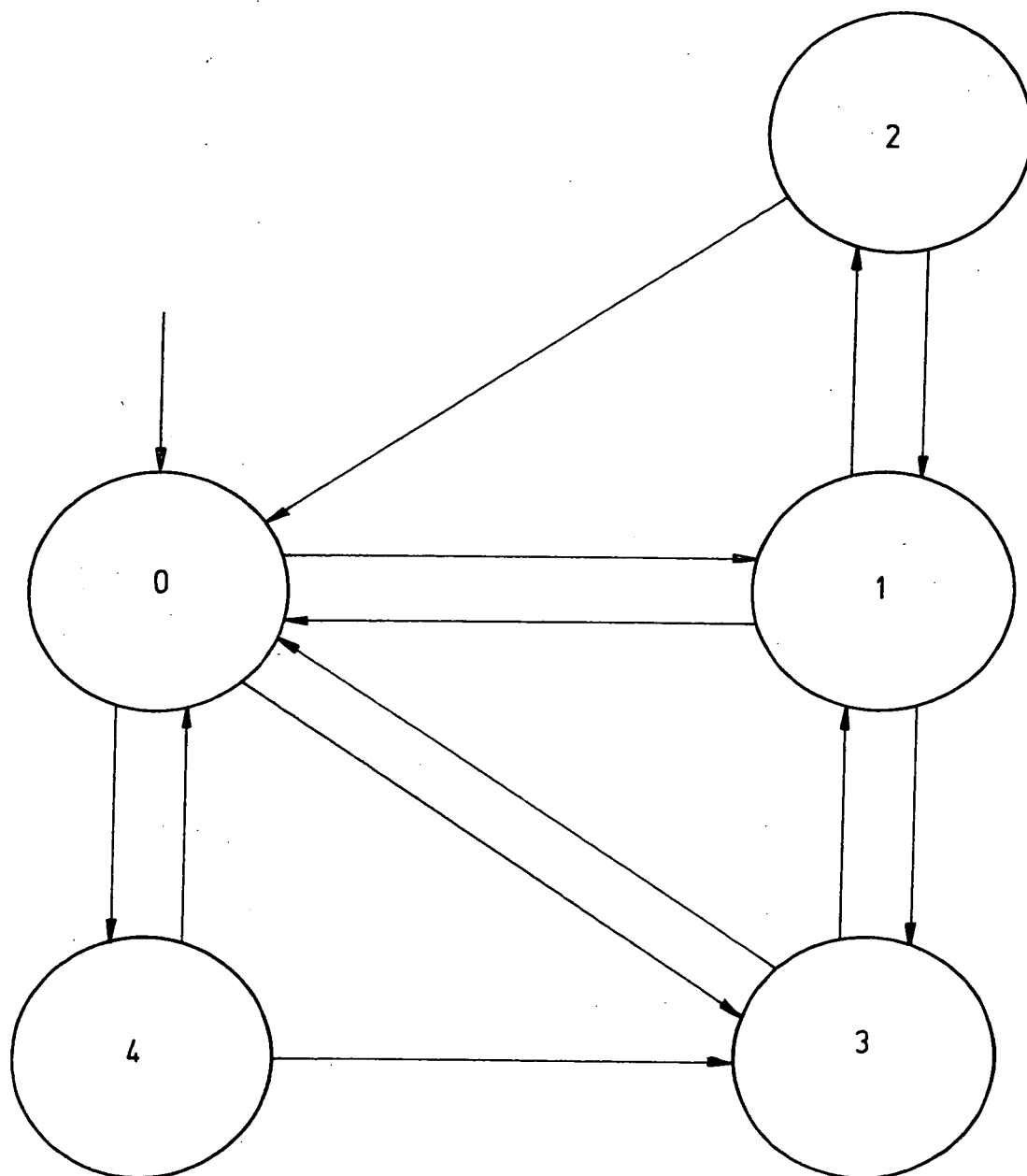


Fig.3